©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Über den Begriff der tektonischen Leitlinien

Von

Otto Ampferer

korr. Mitglied d. Akad. d. Wiss.

(Mit 8 Textfiguren)

(Die Drucklegung erfolgt mit den Mitteln der Dr. Emil Sueß-Erbschaft der Akademie der Wissenschaften in Wien)

(Vorgelegt in der Sitzung am 10. März 1938)

Dieser auch heute noch oft verwendete Begriff wurde wohl zuerst von E. Sueß in die deutsche geologische Literatur eingeführt.

Man versteht darunter die Zusamenfassung der verschiedenen wichtigsten tektonischen Strukturen zu einer bestimmten Durchschnittsrichtung.

Als solche Strukturen werden am häufigsten Mulden- und Sattelzüge sowie die Ausstriche von Überschiebungen verwendet.

Es ist nun wohl klar, daß die Konstruktion derartiger Leitlinien um so leichter gelingt, je weniger Detailangaben über den Bau von Gebirgen und Festländern vorliegen. Zur Zeit der ersten Aufstellung dieses Begriffes war die geologische Kenntnis der Erdoberfläche noch verhältnismäßig sehr lückenhaft und die Konstruktion solcher Linien beruhte vielfach auf relativ wenigen und oft weit auseinanderliegenden Angaben.

In diesem Zustande der geologischen Weltkenntnis hatten daher die Leitlinien eine doppelte Aufgabe. Einerseits vermittelten sie bereits festgestellte Zusammenhänge, anderseits versuchten sie, in das noch unentwirrte Dunkel weiter, unbekannter Gebiete fragend einzudringen und der Forschung gewissermaßen ihre Wege vorzuzeichnen.

Jedenfalls sind die großen Schlingen der irdischen Leitlinien wirklich gewaltige Fragezeichen gewesen, welche die Schritte der Forscher und Entdecker vielfach gelenkt haben und auch noch weiter lenken werden.

Es ist nun von Interesse, genauer zu verfolgen, wie sich dieser Begriff der Leitlinien im Laufe der tektonischen Forschung immer wieder vor neue Aufgaben gestellt sah.

Wie wohl bekannt, hat der erste Versuch einer Konstruktion der Leitlinien von Europa durch E. Sueß ein ziemlich einfaches Schlingenbild ergeben.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Die Alpen selbst sind mit den Karpathen, Dinariden, Pyrenäen .. zu einer schön geschwungenen Leitlinie vereinigt, die innerhalb von Europa die lebendigste Gestaltung zeigt.

Es ist nun klar, daß diese Darstellung sich um so mehr einem richtigen Bilde der Hauptlagerungen näherte, je mehr Strukturlinien des Aufbaues parallel mit der Leitlinie verlaufen.

Laufen alle Strukturlinien parallel, so ist die Leitlinie eine völlig zutreffende Vereinfachungsform. (Fig. 1.) Dies ist jedoch wohl in keinem Gebirge und in keinem Festlande der Erde der Fall.

Überall finden wir in jedem größeren tektonischen Körper Richtungen, die zu der angegebenen Hauptrichtung mehr oder weniger quergestellt erscheinen.

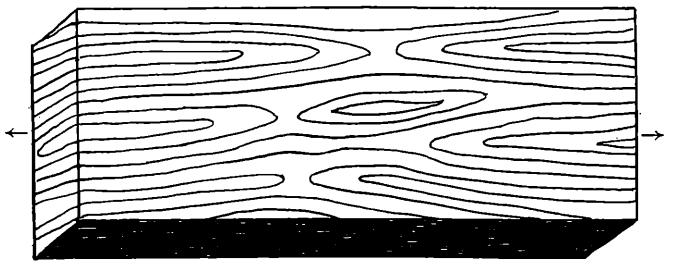

Fig. 1. Schema einer Leitlinie in parallelem Faltenstrukturfeld.

Die Art und Weise dieser Querstellungen entscheidet nun über den Sinn und die Möglichkeit einer Zusammenfassung des tektonischen Inhaltes zu einer Leitlinie.

Hiebei ergeben sich nun eine Reihe von Überlegungen, mit denen ich mich im folgenden kurz beschäftigen will. Die erste Frage bei einer Zusammenfassung von tektonischen Strukturen ist die nach dem zeitlichen Verhältnisse der einzelnen Bauelemente.

Wenn alle ungefähr gleichaltrig sind, erscheint die Zusammenfassung als ein räumliches Problem, als eine Angelegenheit der Gefügeordnung.

Auch hier sind zahlreiche Spielarten vom glatten Zusammenlaufen bis zum völligen Auseinanderlaufen möglich und auch irdisch verwirklicht.

Einige auffallende Verbände seien in Fig. 2 in schematischer Einfachheit vorgeführt.

In allen diesen Fällen hat die Zusammenfassung der Bauelemente in eine Leitlinie einen brauchbaren Sinn, indem dieselbe eine einheitliche Richtungsregelung hervorzuheben vermag.

Diese Richtung kann nicht allein in einem überwiegenden Ähnlichstreichen bestehen, sie kann z. B. auch durch vorherrschende Formen oder Größen der Elemente bezeichnet sein.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Wenn wir z. B. in einem Gebirgsstrange sehen, daß die Mehrzahl der Bauelemente ihre gespitzten Enden nach einer Richtung kehren oder die größeren Elemente genauer eingeregelt sind als die

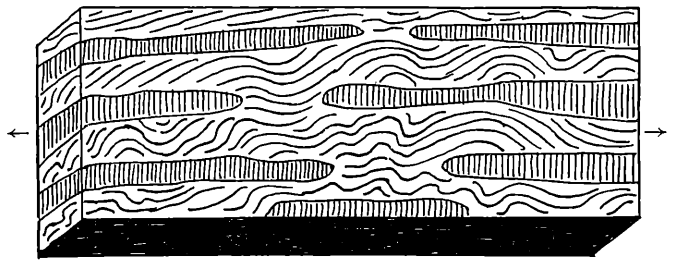

Fig. 2*a*. Betonung der Struktur durch lange, parallele Bauelemente.

kleineren oder die Streckungen eine bestimmte Richtung bevorzugen, so hat die Aufstellung einer Leitlinie volle Berechtigung und kann

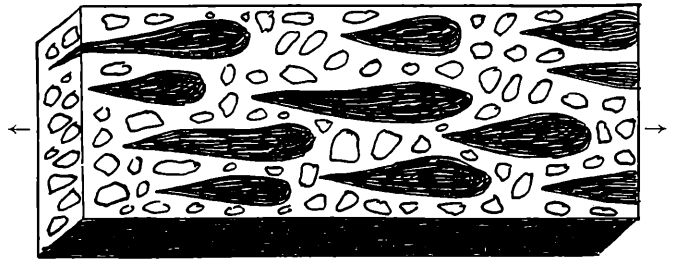

Fig. 2*b*. Betonung der Struktur durch einseitig gerichtete Zuschärfungen.

der Weiterforschung dienlich bleiben. Es gibt aber auch Fälle, wo der Sinn einer Linie in Frage gestellt wird.

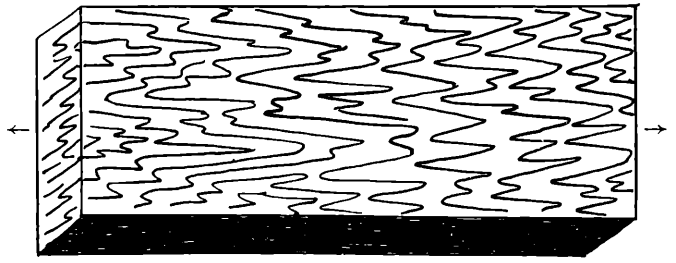

Fig. 2*c*. Betonung der Struktur durch einseitig gerichtete Spitzfaltung.

Dies tritt z. B. in jenen Fällen ein, wo zwischen der äußeren Umrandung einer tektonischen Zone und ihrem Innenbau keine Zusammengehörigkeit mehr besteht. (Fig. 3.)

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Faßt man die Umrandung der Zone ins Auge, so entspricht ihr z. B. eine deutliche Längsrichtung, wendet man die Aufmerksamkeit auf den Innenbau, so ergibt sich eine ganz andere Baurichtung.

Hier hat es keinen Sinn mehr, mit einer Leitlinie auskommen zu wollen. Offenbar liegen zwei Strukturen vor, deren Vereinigung in eine Richtung nur falsche Bilder liefern könnte.

Wahrscheinlich dürften aber solche Fälle, wo eine einheitliche Randbildung ganz abweichende Innenstrukturen umfängt, nicht gleichzeitige Schöpfungen sein.

Näher liegt hier die Deutung, daß ältere Strukturen durch neue Faltung oder Schiebung strukturfremde Umgrenzungen erhalten haben.

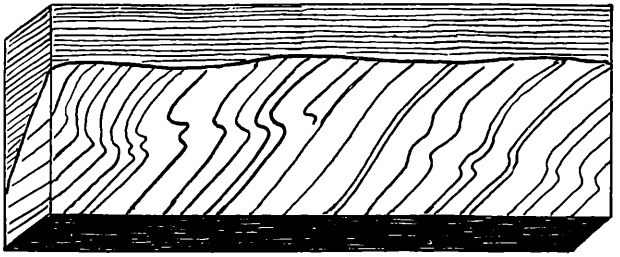

Fig. 3. Zwischen Umrandung und Innenstruktur besteht keine Verbindung.

Es gibt aber auch in den einzelnen Teilen einer Leitlinie fast immer Stellen, welche eine besondere Behandlung und Bewertung verdienen.

Als solche Stellen kommen vor allem längere gerade Strecken sowie alle schärferen Umbiegungen in Betracht. Wenn an den geraden Strecken auch wirklich gerade Bauelemente auftreten, so ist kein Anlaß zu weiteren Überlegungen. Vielfach ist dies aber nicht der Fall, sondern schräge Bauelemente werden hier gerade abgeschnitten. Diese Abschneidung dürfte nun meistens ein eigener, nachfolgender Vorgang sein, was eine andere tektonische Bewertung solcher zurecht geschliffener Geradstrecken erfordert.

Es ist also zwischen von Anfang an gerade gebauten Geradstrecken zu unterscheiden und solchen, deren ursprüngliche Vorsprünge durch Verschiebungen später erst gerade geschliffen wurden. (Fig. 4.)

Auch bei den Krümmungen ist wohl zu beachten, wie dieselben im einzelnen baulich ausgeführt wurden. Sehr selten dürften hier geschlossene Biegungen der Bauelemente vorliegen.

Meistens handelt es sich um Biegungen, die aus kleineren Stücken irgendwie zusammengeflickt erscheinen.

In Fig 5 sind einige hier häufiger vorkommende Flickformen von Rundanlagen schematisch abgebildet. In allen diesen Fällen

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

besagt die einfache Krümmung einer Leitlinie eigentlich zu wenig und ist noch einer weiteren und genaueren Erläuterung bedürftig.

Dabei ist die feinere bauliche Ausführung einer Bugstelle für manche Fragen der Tektonik von erhöhter Bedeutung. Wir kommen nun zu den zahlreichen Fällen, wo sich verschiedenaltrige Strukturen überkreuzen.

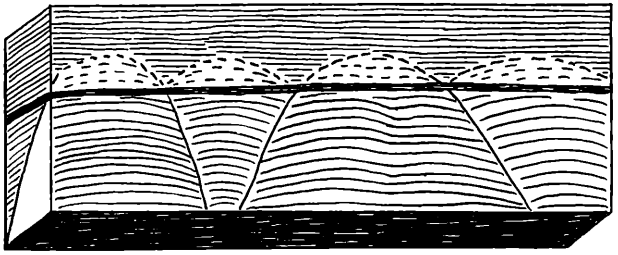

Fig. 4. Schema der Geradehobelung eines unregelmäßigen Randes durch Abschleifung.

Es ist leicht einzusehen, daß in der Erdhaut besonders ihre alten Flecken durch ganze Reihen von verschieden gerichteten und verschiedenaltrigen Beanspruchungen ein sehr runzeliges Aussehen erhalten haben.

Es wird daher die Verfolgung von Leitlinien im Bereiche von alten Schichten von vornherein viel schwieriger sein als im Gebiete

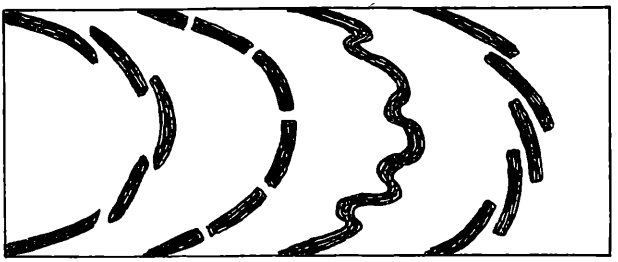

Fig. 5. Vier verschiedene Muster von Flickformen einer Bugstelle.

junger Ablagerungen. In einem Gebiete mit verschiedenaltrigen Beanspruchungen kann man mit der Angabe einfacher Leitlinien nichts mehr anfangen.

Hier muß man jeder verschiedenaltrigen Struktur ihre eigene Leitlinie zuerkennen.

Diese Zuerkennung ist jedoch in vielen Fällen sowohl aufnahmstechnisch wie auch theoretisch keine leichte Sache.

Die Beeinflussung älterer Strukturen durch jüngere kann in mannigfacher Weise vor sich gehen.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Es können sich z. B. verschieden gerichtete Falten kreuzen, so daß Vergitterungen entstehen.

Es kann ein älteres Faltensystem von jüngeren Schubflächen zerschnitten werden. Auch die Umkehrung, daß ein älteres Schubflächensystem wieder gefaltet wird, kann Wirklichkeitsbedeutung erlangen.

Eine Kreuzung von zwei Faltensystemen ebenso eine Zerscherung eines älteren Faltensystems lassen sich bei guten Aufschlüssen unschwer feststellen.

Eine Kreuzung von drei oder mehr Faltensystemen schafft aber bereits so verwirrte und unsicher deutbare Baubilder, daß nur ausnahmsweise noch eine gute Auflösung gelingen dürfte.

Dazu kommt das Auftreten von allerlei Verschmierungszonen, die aus der Verreibung eng benachbarter Kreuzungsstrukturen entstehen und unlesbar werden.

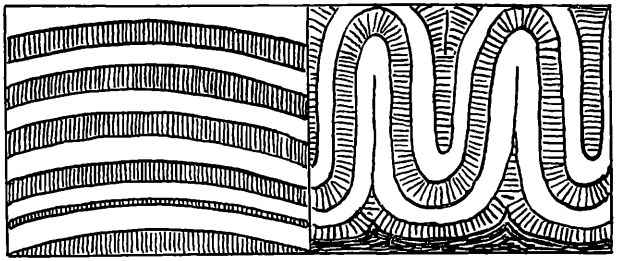

Fig. 6. Links Schema der tiefen Fassungskraft einer weitwelligen Faltung. Rechts Schema der geringen Fassungskraft einer kurzwelligen Faltung.

Günstiger liegen die Verhältnisse, wenn z. B. eine alte Gebirgszone im Laufe langer Zeiten eingeebnet wurde und endlich darüber neue horizontale Ablagerungen ausgebreitet wurden.

Hier ist nicht nur die Tatsache der älteren Gebirgsbildung deutlich festgemauert, sondern auch die Abgrenzung gegen jüngere Umformungen gut ermöglicht.

Natürlich gilt diese scharfe Abgrenzung nur bei großer zeitlicher Trennung. Wenn z. B. die Transgression noch teilweise in die ältere Faltung einbezogen wurde, so geht ein Teil der Trennschärfe verloren.

Wir haben bereits erkannt, daß die Angabe von Leitlinien nicht in allen Fällen tektonischer Gestaltung eine Erweiterung unserer Einsicht bedeutet.

Es gibt aber noch eine wichtige Einschränkung in der allgemeinen Bedeutung der Leitlinien, die erst durch die neueren tektonischen Forschungen schärfer betont wurde. Ich meine hier die Erkenntnis, daß die Gebirgsbildung ein Vorgang ist, der sich in verschiedenen Tiefenlagen sehr verschiedenartig auswirkt.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Jede irdische Faltungszone hat nur eine beschränkte Fassungskraft und kann daher in keine große Tiefe hinabreichen. Die Fassungskraft einer weitwelligen Faltung ist dabei größer als die einer kurzwelligen. (Fig. 6.)

Unter dieser oberflächlichen Faltenzone muß ein Stockwerk anderer Beweglichkeiten liegen, in dem der Anteil von magmatischen Massen ein wesentlich größerer ist. Noch tiefer dürften endlich Stockwerke eingestellt sein, die zur Zeit der Gebirgsbildungen voll fließender Beweglichkeit sind.

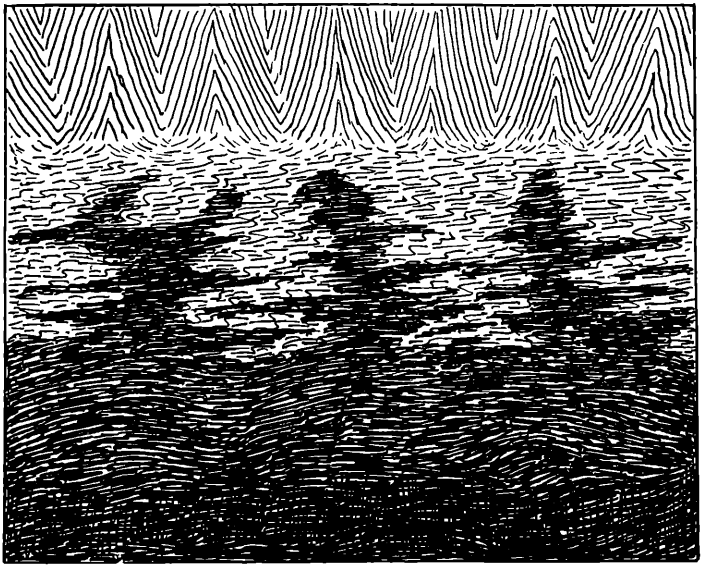

Fig. 7. Schematische Darstellung der Stockwerke verschiedener Bewegungsarten im Körper eines Faltengebirges.
Nur das oberste Stockwerk kann mit Leitlinien abgebildet werden.

Diese Stockwerksgliederung ist zur Zeit der Gebirgsbildung in voller Funktion, in den Zeiten tektonischer Ruhe vielleicht tief hinab erstarrt.

Denken wir uns nun in verschiedener Höhe durch diesen Tiefbau parallele Schnitte gelegt, so geben uns diese Bewegungsbilder von verschiedener Art, obwohl sie sowohl nach der Zeit als auch nach der Leistung streng zusammengehörig sind. (Fig. 7.)

Diese verschiedenartigen Bewegungsbilder liegen unmittelbar untereinander und können daher im Laufe von ausgiebigen Hebungen und Abtragungen auch an der Erdoberfläche freigelegt werden.

Während nun das oberste Stockwerk eine klare und weithin geregelte Faltenstruktur zeigen kann und also in Leitlinien gut und richtig darstellbar ist, verliert sich gegen die Tiefe zu diese Struktur.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

An ihre Stelle treten mehr und mehr Vorgänge des Fließens, des Auf- und Abdrängens, der Gesteinsumwandlung und Schmelzung. Das einheitliche Fallen und Streichen der Schichten geht verloren, vielfältige Verschlingungen um Intrusionen herum, Auflösungen, Verfließungen, Eindringungen von Schmelzen in alle Fugen schaffen viel buntere und lebhafter wechselnde Bilder, die sich nicht mehr auf die Formel einfacher Leitlinien zurückführen lassen.

Wir stehen vor einer tieferen Mannigfaltigkeit und einer anderen Zweckmäßigkeit der Raumausnützung unter schwerer Belastung.

Die Schärfe der Begrenzungen des obersten Bauraumes stumpft sich nach unten hin ab und verschwommene Grenzen, Durchdringungen, Auflösungen treten an ihre Stelle. Für diese Raumerfüllungen bietet die Darstellung in Leitlinien keine Aussichten der Klärung mehr. Diese Überlegungen kommen in Betracht, wenn wir an der Erdoberfläche junge Faltenzonen mit tief abgetragenen Festländern vergleichen wollen.

Versucht man solche, nach Zeit und Raumlage sehr ungleichartige Gebilde mit derselben Formel von Leitlinien darzustellen, so läuft man Gefahr, Ungleiches gleichzusetzen.

Das hier betonte Übereinanderliegen mehrerer Baupläne gilt wohl nur für die großen Faltengebirge. Wir finden aber z. B. in den Alpen auch in der obersten Bauzone manchmal mehrere verschiedengerichtete kleinere Bauanlagen im gleichen Raume übereinandergeschaltet.

Hier handelt es sich aber nicht um die Erschöpfung der Faltenfassung gegen unten, sondern meist um zeitlich verschiedene Bewegungsvorgänge.

So sehen wir z. B. über den von S gegen N übereinandergeschobenen Decken der Nordalpen auf Abtragungsflächen jüngere, von O gegen W gerichtete Schubmassen liegen. Ebenso bedeuten die großen, quer zum Streichen auftretenden Schlingen Anzeichen einer im Streichen zur Auswirkung gekommenen Schubgewalt.

Jedenfalls steht heute fest, daß auch innerhalb der scheinbar so einfachen Leitlinie der Alpen mehrere verschieden gerichtete Bewegungsphasen übereinanderliegen. Auch dieses verhältnismäßig enge Übereinanderliegen von verschiedenen Bewegungsplänen kommt in den einfachen Leitlinien nicht zum Ausdruck.

Kehren wir nun wieder zu der Großgliederung von Europa mit Hilfe von Leitlinien durch E. Sueß zurück, so müssen wir zunächst feststellen, daß auch die modernen Raumgliederungen, wie z. B. das 1937 von H. Stille veröffentlichte tektonische Großbild von Europa, sich nicht allzuweit von dem alten Vorbilde entfernen. Unschwer kann man in Fig. 8 die alten Leitlinien und Raumgliederungen von E. Sueß wieder erkennen. Wenn man bedenkt, welche riesige Summe von Untersuchungen und Entdeckungen seither zur Aufhellung der Geologie dieser Gebiete verwendet wurde, so muß man den weitschauenden Geist dieses Forschers mit Bewunderung

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

anerkennen. Freilich gehen die Meinungen der verschiedenen Geologen über die Deutung dieser Großgliederung weit auseinander. Für Stille kommt in dieser Gliederung das zonenweise Wachstum des Kontinentblockes durch den Anschluß von immer südlicheren Faltungsstreifen zum Ausdruck.

In den dauernd sinkenden Geosynklinalen sollen sich die Abtragungsprodukte der älteren Kontinentmasse sammeln. Bei der nachfolgenden Faltung werden sie auf die Hälfte oder noch weniger zusammengeschoben und sollen dabei die Fähigkeit zu weiteren Einengungen verlieren.

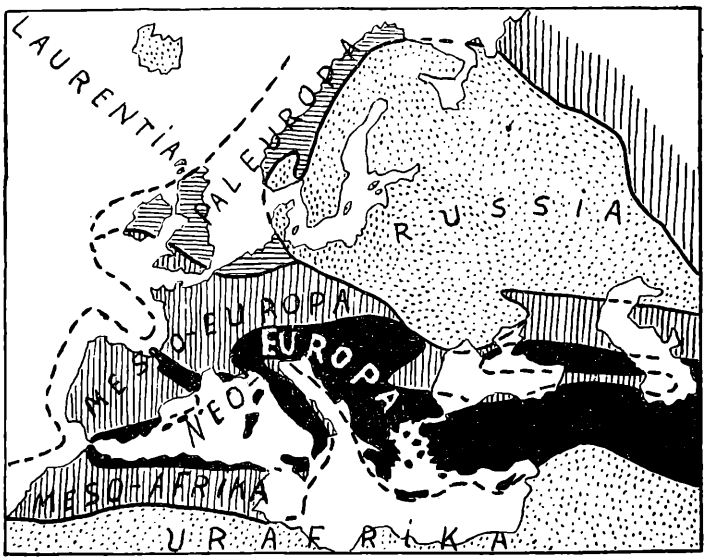

Fig. 8. H. Stille, Tektonisches Großbild von Europa, 1937.

Punktierflächen = kambrische Urmassen.
Horizontalschraffen = kaledonische Faltungsbereiche.
Vertikalschraffen = variszische
Schwarz = alpidische

Dafür tritt eine Konsolidierung und Verwachsung mit dem Kontinentblocke ein.

Diese Überlegungen sind sehr verständlich, umfassen aber nur einen Teil der Erscheinungen.

Gewiß verlieren Schichten durch enge Faltung die Fähigkeit zu weiterer Faltung. Dies gilt aber nur für den Fall, daß die nachfolgende Faltung wieder in derselben Richtung angreift. Durch einen Schub, der z. B. senkrecht dazu auftritt, können auch die engsten Falten unschwer umgefaltet werden. Dann tritt die schon erwähnte Schlingenbildung im Streichen ein, welche ein großes Maß von Verschiebungen in sich verschlucken kann.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Außerdem kann sich der Zusammenschub gerade in faltig versteiften Bereichen mit Vorteil der Überschiebungsmechanik bedienen, die größenmäßig sehr weite Grenzen hat und selbst nach langen Stillständen lebensfähig bleibt.

Endlich darf man nicht vergessen, daß auch eine enggefaltete oberflächliche Faltenzone durch Aufsteigen von Wärmewellen und Einschmelzungen von unten her neue Beweglichkeiten erhalten kann.

Es ist daher nicht wahrscheinlich, daß durch einen Zusammenschub von oberflächlichen Falten eine Versteifung entstehen kann, welche imstande wäre, weitere Großbewegungen zu verhindern.

Wenn solche Bewegungen ausgelöst werden, so stehen den angestrebten Raumveränderungen außerhalb der Faltung noch sehr wirksame andere Vollzugsmittel zur Verfügung.

Betrachtet man von diesem Standpunkte aus die Gliederung von Europa mit Hilfe von Leitlinien, so wird man zu der Überzeugung gedrängt, daß die Abtrennung der einzelnen Zonen mit verschieden alten und verschieden gerichteten Bauweisen kaum eine allzu scharfe sein dürfte.

Faßt man nur die durchschnittlichen Streichrichtungen, die großen Schubausstriche und die weiten Transgressionen ins Auge, so erscheinen die Abgrenzungen wesentlich schärfer, als wenn man auch noch die weiteren Möglichkeiten tektonischen Mittuns ebenfalls zu Rate zieht.

Betrachten wir z. B. die russische Tafel, deren gigantische Ausdehnung nur von uralter Faltung betroffen sein soll. Diese Aussage ist von so vielen Beobachtern bestätigt worden, daß man ihr wohl Glauben schenken muß.

Immerhin bleibt aber zu bedenken, welche gewaltige Flächen hier mit Schutt, Sümpfen, Wäldern, Seen bedeckt sind und sich so der Beobachtung entziehen. Außerdem kennen wir die Kluftsysteme viel zu wenig, welche bestimmt diesen Riesenraum kreuz und quer durchziehen und im großen wie im kleinen beweglich halten. Dasselbe gilt natürlich auch für die Gliederung durch Zerrungssysteme. Die tektonische Reaktion der russischen Tafel auf die kaledonische, variszische und alpidische Faltung braucht übrigens gar nicht in Mitfaltung zu bestehen. Sie kann sich z. B. auch durch an sich geringe Hebungen oder Senkungen der gewaltigen Massen gleichwertig ausdrücken.

Noch deutlicher wird dieses tektonische Mittun von Europa durch den Verlauf der jüngsten Faltenzone, der alpidischen, veranschaulicht.

Würde diese Faltenzone geradlinig Europa von W nach O durchziehen, so würde das notwendige Mitspiel der Umgebung nur in einem Näherrücken der Massen in Richtung N—S bestehen.

Nun verläuft aber die alpidische Faltenzone nicht geradlinig, sondern ergeht sich in kühn ausschweifenden Schlingen.

Wie man sich nun auch die Gebirgsbildung im Detail vorstellt, eins ist sicher, daß die Ausbildung derartiger Schlingen nur denk-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

bar ist, wenn die äußere Umgebung sehr planmäßig sich an den dazu nötigen Schollenverschiebungen beteiligt.

Dabei ist zunächst gleichgültig, ob man die Anregung zu dem großartigen Vorgang im Untergrund der Faltenzone sucht und die Nachbarschollen von innen aus herangesaugt werden oder ob man die Aktivität in die Verschiebungen der Großschollen verlegt, die zwischen sich die Faltenzonen zusammenpressen und aufstauen. In jedem Falle erfordert die Herstellung derartig ausgedehnter und schwungvoller Schlingen eine gleichsinnig verlaufende Mitarbeit der ganzen Umgebung.

Das Detail dieses gigantischen Zusammenspiels ist uns heute großenteils noch verborgen.

Es ist aber völlig sicher, daß eine solche Zusammenarbeit der alpidischen Faltenzone mit ihrer ganzen Umgebung bestanden haben muß.

Der Gedanke, daß an der Herausbildung des alpidischen Systems auch die großen und kleinen Massen der Umgebung teilgenommen haben, ist durchaus nicht neu. Ich selbst habe bereits im Jahre 1915 — Verhandlungen der Geol. Reichsanstalt, p. 166 — auf dieses unbedingt nötige Zusammenspiel hingewiesen. In seinem Werke „Der Bewegungsmechanismus der Erde", Berlin, 1928, hat Rudolf Staub, Ideen Wegeners folgend, die ganze alpidische Faltenzone gleichsam zwischen den Riesenmassen von Eurasien und Afrika zusammenstauen lassen.

Hier kommt die Forderung des gleichsinnigen Mittuns der Umgebung beim Bau der großen Faltenzonen im größten Stile zum Ausdruck.

Trotz der Großartigkeit dieses Bewegungsbildes stimmt weder der viel zu feingliedrige Innenbau noch auch der Verlauf der Schlingen zu diesem Riesenmechanismus. Mit dem Näherrücken von solchen Raumgiganten kann man die heute voll enthüllte Vielfältigkeit von so zahlreichen und so dünnen Decken nicht erklären.

Wohl aber ist diese Idee sehr brauchbar, um die riesige Längserstreckung des alpidischen Systems verständlich zu machen.

Die große seitliche Baufreiheit der Schlingenbildung ist mit einem Zusammenpressen zwischen schweren seitlichen Massen ganz unvereinbar.

Hier wird die schon von E. Sueß entworfene Leitlinie zum Verkündiger erhöhter, seitlicher Bewegungsfreiheit.

Es bleibt aber immer wieder zu bedenken, ob diese Schlingenbildung eine primäre oder eine sekundäre ist.

Manches spricht für die letztere Auffassung.

Wir hätten also als erstes Ergebnis der alpidischen Gebirgsbildung eine einfache, mehr geradlinig angeordnete Faltenzone, die erst in einer späteren Phase zu dem schönen Schlingenbild verbogen wurde.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Auch in diesem Falle würde dann die Leitlinie nur ein Endergebnis der Lagerungen zur Abbildung bringen, während alle Vorstadien des Bauvorganges verschwinden.

Eine wesentlich verschiedene Einstellung gegenüber dem Gebrauch von tektonischen Leitlinien hat immer Leopold Kober eingenommen.

Nach seiner Grundvorstellung sind die Faltengebirge der Erde nicht, wie E. Sueß lehrte, einseitig, sondern doppelseitig gebaut.

Bei den Alpen würde einem nordbewegten Stamme ein südbewegter Stamm entsprechen. Getrennt werden die beiden entgegengesetzt bewegten Zonen von dem sogenannten „Zwischengebirge", das unter Umständen jedoch bis auf eine Narbenzone ausgequetscht sein kann. Diese Auffassung Kobers nimmt der tektonischen Charakteristik eines Gebirges durch eine einheitliche Leitlinie die Daseinsberechtigung.

Es müßten dafür unbedingt drei Leitlinien zur Verwendung kommen.

Auch in der weiteren Zusammenfassung der Faltungszonen der Erde geht Kober eigene Wege.

Nach seiner Darstellung sind im geotektonischen Erdbilde mächtige, erstarrte Kontinente von mobilen, plastischen Zonen umgürtet, welche im Verlaufe der Abkühlung und Kontraktion zu Faltengebirgen zusammengepreßt werden.

Es ist dies im allgemeinen jene Anordnung, welche ich schon 1906 als „Scholle und Faltenring" beschrieben habe.

In meiner Arbeit über das „Bewegungsbild der Faltengebirge" wurden auch die geometrischen Forderungen aufgestellt, denen diese Anordnungen im Raumzwang einer Kugelschale notwendig unterliegen. Kober hat diese Forderungen nicht beachtet, sondern die Konstruktion seiner starren Schollen mit ihren Faltenringen im Jahre 1918 auf verhältnismäßig spärliche Stücke von Randzonen begründet.

Nach meiner Schätzung ist von dem Umfange seiner starren Schollen kaum ein Drittel mit gefalteten Randzonen belegbar. Alles andere liegt unter den Meeren begraben.

Das ist jedoch kein Beweis gegen die Möglichkeit seiner Konstruktion, sondern nur einer für ihre derzeitige Unsicherheit. Es ist nicht ausgeschlossen, daß durch die moderne Tiefseeforschung diese gewaltigen Lücken mit der Zeit geschlossen werden können. Für den atlantischen Meeresraum ist dies durch die Massenlotungen der Meteor-Expeditionen ja schon weitgehend erreicht. Ich möchte aber hier noch kurz erwähnen, daß selbst im einfachsten Falle, wenn die starre Scholle einen kreisförmigen Umriß besitzt, was z. B. bei Afrika annähernd erfüllt ist, die bei der Kontraktion ringsherum aufgestaute Faltenzone nicht die von Kober geforderte innere Bauform annehmen könnte. Die Aufstauung der Faltenzone rings um die sogenannte starre Scholle soll dadurch zustande kommen, daß sich die Kugelschale außerhalb von dieser

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Scholle stärker zusammenziehe und dadurch auf ihren Rand ein heftiger konzentrischer Druck ausgeübt werde. Ist nun z. B. am Rande der starren Scholle aus deren Abtragung ein Sedimentgürtel vorhanden, so könnte derselbe als weichere Zone gefaltet werden. Der hier konzentrisch auftretende Schub würde notwendigerweise von der Außenseite des Ringes vorrücken, die Sedimentzone zusammendrücken und als Ganzes auf die starre Scholle hinaufschieben. Für eine doppelseitige Ausbildung der Faltenzone mit einem Zwischengebirge ergibt sich aus dieser Mechanik wohl keine Veranlassung.

Die interessantesten Stellen in diesem geotektonischen Erdbilde von L. Kober bilden die Zusammenstöße seiner großen orogenetischen Ringe.

Solche Zusammenstöße stellen sich zwischen Afrika und Eurasien, zwischen Nordamerika und der nordpazifischen Mulde, zwischen Südamerika und der südpazifischen Mulde ein.

Hier handelt es sich um lang hinstreichende, orogenetische Zonen zwischen je zwei starren Massen.

Es kommen aber auch Zusammenstöße von je 3 oder je 4 solcher Ringzonen vor.

Denkt man daran, daß jeder orogenetische Ring bei voller Ausbildung zwei entgegenlaufende Faltenzonen und eine Zwischengebirgszone enthalten soll, so steht man bereits vor sehr komplizierten Gebilden von Leitlinien. Eine Auflösung dieser Komplikationen, welche die Erdbauformel von L. Kober erfordert, kann aber erst auf Grund von weit eingehenderen Untersuchungen in der Zukunft versucht werden.

Wir sind von den einfachsten Formen der Leitlinien ausgegangen und haben den Weg zu den kompliziertesten Formen eingeschlagen.

Der Gedanke, eine Vielheit von Strukturen durch eine Linie zu charakterisieren, ist dem Wunsche nach einer raschen Übersicht entsprungen und wird ihm auch weiterhin entspringen.

In diesem Sinne stellt die Leitlinie ein in der Tektonik unentbehrliches Werkzeug zur Darstellung bereits erkannter oder zur Aufsuchung vermuteter Zusammenhänge dar.

Die Aufgabe dieser Arbeit war aber, die Begrenztheiten dieser Methode zu zeigen, deren Überschreitung keine Vermehrung unserer Einsicht mehr versprechen kann.